

# Northumbria Research Link

Citation: Feliz-Oliver, Laura and Colbourne, Jane (2016) El blanqueo solar aplicado a la restauración del documento gráfico (solar bleaching applied to the restoration of graphical documents). In: Conservación de Arte Contemporáneo. 17ª Jornada. Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía, Madrid, Spain, pp. 141-151. ISBN 9788480265447

Published by: Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía

URL: <http://www.museoreinasofia.es/publicaciones/conser...>  
<<http://www.museoreinasofia.es/publicaciones/conservacion-arte-contemporaneo-17a-jornada>>

This version was downloaded from Northumbria Research Link:  
<http://nrl.northumbria.ac.uk/id/eprint/32257/>

Northumbria University has developed Northumbria Research Link (NRL) to enable users to access the University's research output. Copyright © and moral rights for items on NRL are retained by the individual author(s) and/or other copyright owners. Single copies of full items can be reproduced, displayed or performed, and given to third parties in any format or medium for personal research or study, educational, or not-for-profit purposes without prior permission or charge, provided the authors, title and full bibliographic details are given, as well as a hyperlink and/or URL to the original metadata page. The content must not be changed in any way. Full items must not be sold commercially in any format or medium without formal permission of the copyright holder. The full policy is available online: <http://nrl.northumbria.ac.uk/policies.html>

This document may differ from the final, published version of the research and has been made available online in accordance with publisher policies. To read and/or cite from the published version of the research, please visit the publisher's website (a subscription may be required.)

# El blanqueo solar aplicado a la restauración del documento gráfico

LAURA FELIZ-OLIVER / JANE F. COLBOURNE

Este artículo es un extracto, bibliográficamente actualizado, de un epígrafe de la tesina *The conservation treatment of a late 19th century photomechanical printed portrait by an unknown artist*, presentada en 2008 para la obtención del Master of Conservation of Fine Arts de la Northumbria University dirigida por la doctora J. F. Coulbourne, directora del programa y coautora. En él se presenta sucintamente el caso de estudio de un grabado fotomecánico británico de mediados del siglo XIX al que se aplicó el blanqueo solar como alternativa a los procesos de limpieza y blanqueamiento convencionales. Tras una introducción general al documento y su tratamiento, se presenta el blanqueo solar, en sus fases de preblanqueo, blanqueo, interblanqueo y posblanqueo, como aplicación teórica a un caso práctico, considerando sus factores de riesgo y sus parámetros de control, y sus ventajas y desventajas.

## INTRODUCCIÓN

El documento objeto de estudio es un retrato fotográfico de gran formato depositado en 2008 por su propietaria, la señora Woolmer, en el taller de restauración de la Universidad de Northumbria para su conservación-restauración. El personaje retratado, bisabuelo de la señora Woolmer, es William Henry Eales (Coventry, Reino Unido, 1851 - 1871), fallecido de tifus a los veintiún años de edad.

En cuanto a su especificidad, se trata de un retrato producido entre los años 1865 y 1871, y realizado mediante una técnica de fotograbado cuya tipología no pudo determinarse por causa del avanzado estado de degradación del soporte, que había provocado la pérdida de su textura original y cuya conservación habría facilitado su identificación. A pesar de ello, se establecieron tres hipótesis, fundamentadas, por un lado, en la aproximación de la data y, por el otro, en el estilo de la fotografía: la fototipia, la fotolitografía y el *crayon enlargement*. Las dos primeras no pudieron confirmarse y la tercera quedó invalidada tras los resultados de los análisis químicos realizados, de manera que la especificidad del documento relativa a la técnica de fotograbado empleada quedó indeterminada [F. 01].

Este examen organoléptico permitió, asimismo, determinar los materiales constitutivos del documento y valorar con mayor exactitud el estado de conservación que presentaba. El soporte primario consistía en una única lámina de papel de fibra de algodón, probablemente cortada de una lámina mayor, dadas las irregularidades de su perímetro. Dicha lámina, a su vez, estaba adherida a un segundo soporte de pulpa mecánica blanqueada, estructura frecuente en los sistemas de presentación de retratos fotográficos de la época. Respecto al medio pictórico, se trataba, probablemente, de tinta de impresión formada por una mezcla, característica de los fotograbados británicos de esta segunda mitad del siglo XIX, de pigmentos, cera y barniz litográfico.

En relación con el estado de conservación, el documento acusaba un avanzado estado de degradación física y química. El soporte primario, en términos generales, presentaba las degradaciones características causadas por la oxidación e hidrólisis de la celulosa, manifestadas en su alto grado de acidez inicial (pH3). La exposición del documento a luz ultravioleta (UV), permitió que se apreciaran diferentes manchas, en particular: (i) amarillez generalizada, causada por los mencionados procesos de oxidación e hidrólisis de la celulosa; (ii) coloración por fotooxidación, evidente en una mancha de forma ovalada y delimitada por la ventana del sistema de montaje, cuya forma reproducía; (iii) manchas por contacto con adhesivos oxidados por el paso del tiempo; y (iv) *tide-lines* por contacto directo con agua<sup>[1]</sup>. Asimismo, el documento presentaba deformaciones, desgarros y pérdidas del soporte primario, que debilitaban su estructura todavía más [F. 02-03].

La eflorescencia, causada por el deterioro de las cargas y aditivos presentes en el papel por la exposición del mismo a fluctuaciones drásticas de humedad y temperatura, se manifestaba en toda la superficie del documento. La acción de estas sales, determinadas mediante análisis, causó, por un lado, la ruptura molecular del aglutinante y, en consecuencia, la friabilidad de la tinta, desmenuzable como una técnica al pastel, y, por el otro, la ruptura de las fibras del papel, que provocó a su vez la alteración de su textura original, volviendo su superficie áspera y, de nuevo, en extremo friable. Los efectos de la presencia de estas sales en ambos niveles —el del medio pictórico y el del soporte—, afectaban gravemente la estabilidad estructural del documento, haciendo que la manipulación del mismo fuera casi imposible.

Considerando este grave estado de degradación, se optó por un tratamiento de restauración en dos fases: la preparatoria, consistente en una intervención provisional que estabilizara el documento para poder manejarlo durante el tratamiento, y la ejecutiva.

La fase preparatoria consistió en retirar mecánicamente el soporte secundario, puesto que sus efectos sobre el soporte primario eran perjudiciales, tanto por la transferencia de ácidos de un soporte

[1] Dupont y Eusman (1995) las describen como manchas causadas por contacto directo húmedo, generalmente agua, que se manifiestan como líneas marrones, formadas por la acumulación de productos de coloración en los enlaces seco-húmedo. A este respecto, Dupont menciona que la mayoría de los productos identificados en esta interfaz seco-húmeda de las manchas, son compuestos cromóforos que contienen altos niveles de grupos de ácidos carboxílicos. Dichos ácidos catalizan los procesos degradantes de hidrólisis y oxidación, que terminan en escisión de las cadenas de celulosa. A. I. Dupont, "Degradation of Cellulose at the Wet/Dry Interface. I. The Effect of Some Conservation Treatments on Brown Lines", *Restaurator*, enero de 1996, 19, pp. 1-21.



[F. 01]

**[F. 01]**

Retrato de William Henry Eales, c.a. 1865-1871 (grabado fotomecánico, 406x364 mm). Fotografía con luz directa antes del tratamiento.

**[F. 02]**

Fotografía con luz UV antes del tratamiento.

**[F. 03]**

Fotografía con luz rasante antes del tratamiento.



[F. 02]



[F. 03]



[F. 04]

*Screen washing* [lavado por pantalla]. Se usó para evitar la inmersión total o parcial del documento.



[2]

H. D. Burgess, "Practical Considerations for Conservation Bleaching", *Journal of the International Institute for Conservation. Canadian Group (J.IIC-CG)*, 1988, vol. 13, pp. 11-26.

[3]

A. Lienardy y P. Van Damme, "Practical Deacidification", *Restaurator*, 1990, vol. 11, n.º 1, pp. 1-21.

[4]

M. Hey, "Bleaching. Its Simple Chemistry and Working Procedures", *The Paper Conservator*, enero de 1977, vol. 2, n.º 1, pp. 10-23. La propuesta de Hey, vigente respecto al blanqueo en papel, tiene continuidad en propuestas de autores actuales como Zervos. Ver S. Zervos e I. Alexopolou, "Paper conservation methods: a literature review", *Cellulose*, 2015, vol. 22, pp. 2859-2897.

[5]

M. Hey, "The Washing and Aqueous Deacidification of Paper", *The Paper Conservator*, 1979, vol. 4, n.º 1, pp. 66-80.

[6]

V. Daniels, "Alkaline Buffering. Aqueous deacidification of

a otro, como, muy especialmente, por la inestabilidad estructural del documento, que, además de incrementar el riesgo de desgarros y pérdidas del soporte primario, creaba tensiones entre ambos. Una vez retirado, se realizó una laminación provisional por fragmentos con papel japonés, a fin de proporcionar la estabilidad estructural necesaria para proceder a la fase ejecutiva.

Respecto a esta fase ejecutiva relativa al tratamiento de blanqueo solar, Burgess, ya en los años ochenta, menciona la importancia de los tratamientos de limpieza húmedos y los baños de desacidificación/alcalinización como fase de preblanqueo<sup>[2]</sup>. Su finalidad es la eliminación de los productos de degradación ácidos solubles presentes en el papel, pues, la eliminación de estos productos, que aceleran los procesos de degradación de manera directamente proporcional, propicia un mejor restablecimiento de los puentes de hidrógeno entre las moléculas de celulosa, mejorándose, de este modo, la estabilidad estructural, la fuerza de tensión y la flexibilidad del documento<sup>[3]</sup>. Hey, a su vez, también recomienda la limpieza húmeda y el baño de desacidificación como tratamientos de preblanqueo, pues los resultados obtenidos con estos tratamientos previos pueden hacer innecesario el blanqueo solar<sup>[4]</sup>. En nuestro estudio de caso se tuvo especialmente en consideración, además, solubilizar las sales presentes en la superficie del documento, puesto que, sobre los efectos perjudiciales en el soporte celulósico, no es posible predeterminedar su reacción, ni con otros componentes ni a la exposición solar.

La eliminación de los productos de degradación solubles presentes en el soporte y el restablecimiento de puentes de hidrógeno, disminuyeron la presencia de los dobles enlaces conjugados responsables de la amarillez generalizada y las manchas de diversa índole presentes en el soporte. El baño de desacidificación/alcalinización, además, disolvió los grupos de ácidos carboxílicos presentes en el soporte que no pudieron disolverse solamente con agua<sup>[5]</sup>. Dicho baño, preparado, en nuestro tratamiento, con hidróxido de calcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), deja a su vez una reserva alcalina<sup>[6]</sup> que solubilizará y neutralizará los componentes ácidos producidos durante el tratamiento de blanqueo.

Se realizaron, pues, tratamientos de limpieza húmeda y baños alcalinos hasta estabilizar el pH del documento a siete. Durante estos procesos húmedos de preblanqueo, se colocó el documento sobre un bastidor doble de serigrafía, a fin de proporcionarle un soporte rígido que contrarrestara la debilitación por su estado húmedo, asegurando así, también, que no se sumergiera<sup>[7]</sup> [F. 04].

## EL BLANQUEO SOLAR

Los procesos químicos del blanqueo solar son procesos de oxidación-reducción. En consecuencia, se activan procesos de degradación que, si no se controlan y neutralizan tras el tratamiento, pueden —y suelen— causar un efecto contrario al deseado pasado un corto periodo de tiempo. El efecto principal es conocido como “reversión de color”<sup>[8]</sup>, que, además de acelerar los procesos de degradación, devuelve la amarillez generalizada de manera más acentuada que la que presentaba el documento antes del tratamiento.

Otro factor importante que debe considerarse muy especialmente, es el desarrollo de sales metálicas. Las partículas metálicas presentes en el documento pueden haber iniciado su proceso de degradación natural, vale decir, la oxidación. Si a estas partículas, ya en proceso de oxidación, les aceleramos el proceso de degradación mediante la exposición al sol, resultarán, en un corto espacio de tiempo, manchas causadas por sales de óxido, visibles en la superficie del soporte.

Las variaciones metodológicas y procedimentales del blanqueo solar dependen de las características y necesidades del documento objeto de restauración. No obstante, es fundamental, como condición necesaria para dicho tratamiento, que el documento pueda someterse a intervenciones húmedas, puesto que el procedimiento es indefectiblemente húmedo. En caso de que el documento no cumpliera esta condición, se recomienda no realizarlo.

A nivel molecular, su proceso, la fotooxidación, es similar al proceso oxidativo del tratamiento con peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ )<sup>[9]</sup>, pues la exposición a la luz, sea solar o artificial acelera los procesos de oxidación<sup>[10]</sup>. Sin embargo, se evita añadir, a diferencia del tratamiento con peróxido de hidrógeno, un componente químico para provocar la excitación de radicales libres<sup>[11]</sup>.

El primer paso de la fase ejecutiva del blanqueo, una vez realizadas las intervenciones de preblanqueo, es la preparación de la solución alcalina. A este respecto, se recomienda el uso de la solución alcalina al del agua, porque facilita la disolución y eliminación de los productos de degradación solubles que se producirán durante el proceso de blanqueo. Para la preparación de esta solución, se proponen, siguiendo el estudio comparativo de Schaeffer, dos tipos de álcalis: el hidróxido de calcio ( $Ca(OH)_2$ ) y el bicarbonato de magnesio ( $Mg(HCO_3)_2$ )<sup>[12]</sup>. Según el estudio de estos autores, ambos tipos sirven para la disolución y neutralización de productos ácidos solubles presentes en el soporte. La ventaja del hidróxido de calcio sobre el bicarbonato de magnesio es su tamaño molecular, que, al ser menor, penetra mejor entre las fibras de papel, por lo que solubiliza y elimina una mayor variedad de ácidos solubles y, al tiempo, deja también una mayor reserva alcalina en el soporte, lo que hace que sea más adecuado en supuestos de tratamientos de desacidificación. Ahora bien: las características del bicarbonato de magnesio hacen que álcali sea más adecuado y ventajoso que el hidróxido de calcio para los supuestos de tratamiento de blanqueo solar, tal y como se muestra en la siguiente tabla comparativa, elaborada a partir de Bogaart (2001), Keyes (1987), Hey (1979), Lienardy (1990) y Schaeffer (1996):

Hidróxido de calcio ( $Ca(OH)_2$ )	Bicarbonato de Magnesio ( $Mg(HCO_3)_2$ )
Puede precipitar sales y crear una capa espumosa en superficie.	Es más estable en contacto con papeles con aprestos, por lo que, en reacción con éstos, no precipita sales insolubles.
Esta capa espumosa, en contacto con apresto de alumbre y a altas temperaturas (37°C), puede precipitar en rosinato de calcio, insoluble en agua.	Estabiliza partículas metálicas acomplejándolas, evitándose así la formación de sales metálicas.
No mantiene el pH constante de la solución.	Mantiene un pH constante de la solución alcalina (pH 8).
No estabiliza partículas metálicas.	

[Tabla 1]

Propiedades de las soluciones alcalinas para su uso durante el blanqueo solar.

paper. Conservation of Library and Archive Materials and the Graphic Arts”, Guy Petherbridge (ed.), *International Conference on the Conservation of Library and Archive Materials and the Graphic Arts, Abstracts & Preprints*, Londres, Society of Archivists and the Institute of Paper Conservation, 1987, pp. 121-5; y G. B. Kelly y S. Fowler, “Penetration and Placement of Alkaline Compounds in Solution-Deacidified Paper”, *Journal of the American Institute for Conservation (JAIC)*, 1978, vol. 17, n.º 2, pp. 33-43

[7]  
Por medio de la pantalla de serigrafía, el agua y la solución alcalina de los baños era absorbida por el soporte por capilaridad, evitándose así el movimiento de las partículas de las tintas de impresión. V. Daniels, “The effects of water treatments on paper with applied pastel or powder pigment”, *The Paper Conservator*, 1998, 22, pp. 29-37.

[8]  
H. D. Burgess, óp. cit.

[9]  
T. T. Schaeffer et al., “Effects of Aqueous Light Bleaching on the subsequent Aging of Paper”, *The Journal of the American Institute for Conservation (JAIC)*, 1992, vol. 31, n.º 3, pp. 289-311.

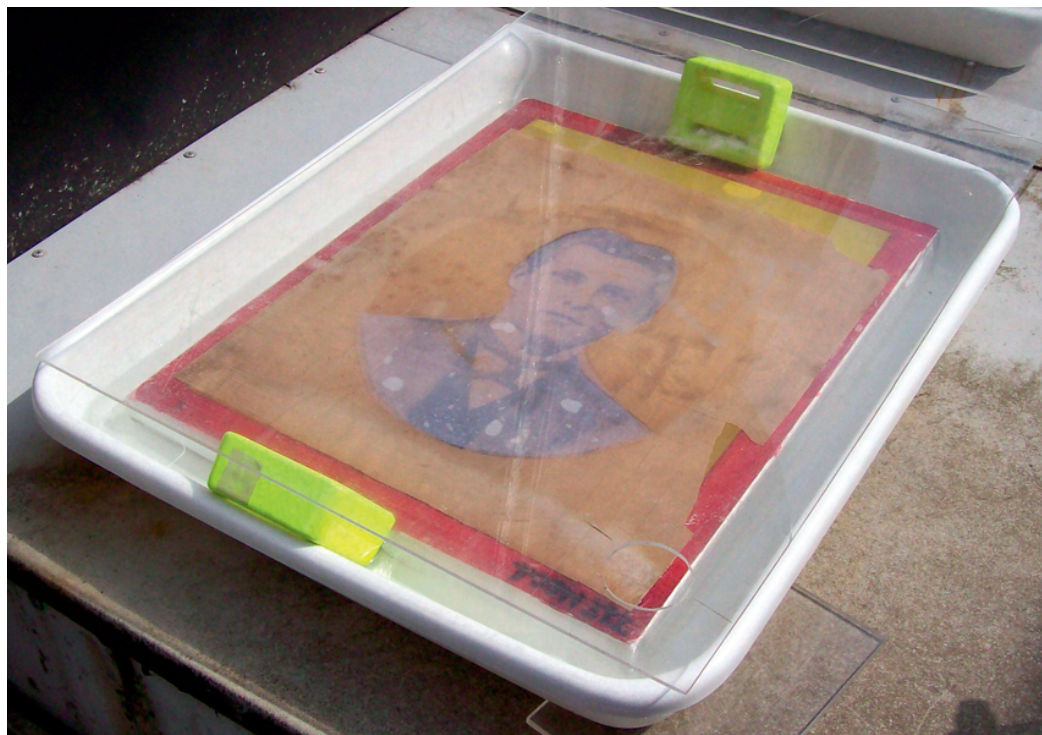
[10]  
M. Verborg, “Light Bleaching with Metal Halide Lamps: Effects on Naturally Aged Paper”, *Restaurator*, octubre de 2012, 33, pp. 329-355.

[11]  
A. Lienardy y P. Van Damme, “Bibliographical survey of the bleaching of paper”, *Restaurator*, 1988, 9, pp. 178-198.

[12]  
T. T. Schaeffer et al., “Aqueous light bleaching of paper: comparison of calcium hydroxide and magnesium bicarbonate bathing solutions”, *Journal of the American Institute for Conservation (JAIC)*, 1996, vol. 35, pp. 219-38.

[F. 05]

Documento durante el tratamiento de blanqueo solar en la primera sesión.



[13]

Las planchas de policarbonato absorben un 99% del espectro de la luz ultravioleta.

[14]

K. Keyes, "Alternatives to Conventional Methods of Reducing Discolouration in Works of Art on Paper", Guy Peterbridge (ed.), *Conservation of Library and Archive Materials and the Graphic Arts*, Butterworth, Society of Archivists Institute of Paper Conservation, 1980, pp. 166-177.

[15]

U. Henniges y A. Potthast, "Bleaching Revisited: Impact of Oxidative and Reductive Bleaching Treatments on Cellulose and Paper", *Restaurator*, 2009, pp. 294-320.

[16]

I. Bruckle, "Bleaching Paper in Conservation: Decision-Making Parameters", *Restaurator*, 2009, pp. 321-332.

En consecuencia, se preparó una solución alcalina de bicarbonato de magnesio (ph8), que se vertió en una cubeta, en la que, a fin de evitar la inmersión total del documento, se colocó montado a una pantalla de serigrafía, tal y como venía haciéndose en las intervenciones húmedas de preblanqueo. Dado el avanzado estado de degradación de la tinta, se decidió también, una vez saturado de humedad el soporte celulósico, proteger sus zonas tintadas con una plantilla, cortada a medida, compuesta por una capa de Bondina®, otra de Melynex® y otra de Bondina®. Además, se cubrió con una plancha de policarbonato<sup>[13]</sup>, dejando una abertura que posibilitase la circulación de aire para reducir el riesgo de condensación de agua en la cara interior de la plancha<sup>[14]</sup> [F. 05].

El blanqueo solar, como cualquier otro tratamiento de restauración, implica también unos riesgos que, igualmente, pueden ser minimizados mediante un proceder metodológico orientado al control de los factores de riesgo conocidos. En este sentido, Henniges y Potthast<sup>[15]</sup>, recuperando a Hey, insisten en la importancia de establecer unos parámetros de intervención, puesto que el impacto del blanqueo en el documento depende, en gran medida, del control de estos factores de riesgo<sup>[16]</sup>. Se recomienda, para minimizar riesgos y al tiempo aumentar la efectividad del tratamiento: (i) el control de la temperatura de la solución, pues los efectos beneficiosos del agua sobre el papel se anularían si aumentase la temperatura, en que actuaría contrariamente como catalizador de reacciones de degradación del soporte celulósico; (ii) el control de la evaporación de la solución alcalina, pues, al evaporarse el agua, el volumen de la solución disminuye y el documento puede quedar desprovisto de la humedad necesaria para que la exposición solar sea beneficiosa en lugar de perjudicial; (iii) la humectación de la superficie del documento, pues si el documento, como en nuestro estudio de caso, no está completamente inmerso en la solución, existe el riesgo, por un lado, de que no llegue la humedad necesaria a su superficie para un tratamiento efectivo y, por el otro, de que se precipiten sales alcalinas en la misma; y (iv) el control del pH de la solución para mantenerlo constante, pues,



cuando se utiliza hidróxido de calcio, existen más probabilidades de que se produzcan variaciones en el pH de la solución, por lo que sería necesario modificarla más frecuentemente que en los casos en los que se usara el bicarbonato de magnesio: una bajada drástica del pH durante el tratamiento aceleraría los procesos de degradación de la celulosa, ya que el soporte estaría en contacto con un medio ácido que, expuesto a la fotooxidación, actuaría como catalizador de la hidrólisis ácida de la celulosa, en lugar de solubilizar y neutralizar productos ácidos, que es uno de los principales motivos por los que se recomienda el uso del bicarbonato de magnesio sobre el hidróxido de calcio<sup>[17]</sup>.

Con el papel sumergido en una solución alcalina, el agua proporciona el oxígeno esencial para la fotooxidación, excitando los dobles enlaces conjugados, mientras que la presencia del álcali fomenta la eliminación de los productos ácidos de degradación y proporciona reserva alcalina.

La coloración del papel se debe a la oxidación de la celulosa, que da lugar a sistemas conjugados de dobles enlaces, que son los componentes con color resultado de esta oxidación<sup>[18]</sup>. Estos dobles enlaces conjugados son los cromóforos, que, durante la exposición a la luz, absorben los fotones transformándose en grupos funcionales solubles<sup>[19]</sup>, los cuales, a su vez, son eliminados y neutralizados por la solución alcalina y su posterior tratamiento de desacidificación.

Las manchas de color amarillo, rojo y marrón absorben más radiación azul, por lo que son más sensibles al blanqueo que el papel blanco que las rodea. Las zonas más blancas, o que no han sufrido alteraciones de color al no haber coloración causada por la presencia de cromóforos, no son susceptibles al blanqueo, de suerte que se obtiene un blanqueado homogéneo de toda la superficie del documento<sup>[20]</sup>.

Después de cada sesión de blanqueo solar se recomienda un baño con solución alcalina por los mismos motivos que durante las sesiones de blanqueo<sup>[21]</sup>. Para estas inter-sesiones se usó, sin embargo, hidróxido de calcio, por su mayor penetración. Así, se asegura, por un lado, no dejar en el soporte los productos de degradación derivados de la fotooxidación y, por el otro, mantener una reserva alcalina.

En el presente estudio de caso se realizaron un total de tres sesiones, de una hora de exposición cada sesión, durante tres días seguidos a la misma hora. A este respecto, se recomienda una exposición total de dos a cuatro horas, puesto que, cuanto mayor es el tiempo de exposición, menor es la efectividad del blanqueo, debido a la eliminación de cromóforos.

En la [F. 06], tomada tras la primera sesión de blanqueo solar, puede observarse la marca de la plantilla de protección de las tintas, que, en contraste con los efectos del blanqueo, muestran ya, con la de la protección, la efectividad del tratamiento.

Al observarse que las zonas no tintadas de la representación, prudencialmente cubiertas por la plantilla, evidenciaban un fuerte contraste con las partes blanqueadas tras la primera sesión, se adaptó la plantilla para permitir que dichas zonas sin tintas del retratado pudieran ser expuestas a la luz del sol en una segunda sesión con el objeto de minimizar tales contrastes de tonalidad [F. 07].

Tras cada sesión de blanqueo solar, se aplicó localmente, en mesa de succión, hidróxido de amonio diluido en agua (pH7) a las zonas de manchas persistentes, pues el hidróxido de amonio actúa como agente reductor, rompe los dobles enlaces presentes de los grupos de cetonas y aldehídos, penetra en las zonas amorfas de las fibras de papel y reacciona con los grupos hidroxilos, incrementando la flexibilidad del soporte<sup>[22]</sup>.

Antes y después de cada sesión, se hizo un seguimiento del pH del soporte, así como de las oscilaciones en sus medidas. Los datos, recogidos en la tabla 2, muestran leves oscilaciones del pH en las dos primeras sesiones del tratamiento, mientras que en la tercera sesión son ya prácticamente nulas, lo que indica la estabilización del soporte celulósico.

[17]

K. Keyes, óp. cit.; A. Lienardy y P. Van Damme, óp. cit., y T. T. Schaeffer, V. Blyth-Hilla y J. R. Druzik, "Aqueous Light Bleaching of Modern Rag Paper: An Effective Tool for Stain Removal", *The Paper Conservator*, 1997, vol. 21, n.º 1, pp. 1-14.

[18]

M. Durovic y J. Zelinger, "Chemical Processes in the Bleaching of Paper in Library and Archival Collections", *restaurator*, enero de 1993, 14, pp. 78-101.

[19]

La longitud de onda necesaria para estas reacciones está entre los 400 y los 550 nanómetros. D. Van der Reyden et al., "Update on Current Research Into Aqueous Light Bleaching at the Conservation Analytical Laboratory", *AIC Book and Paper Group Annual*, junio de 1988, 8, pp. 76-103. La luz excita los sistemas de doble enlace conjugados electrónicamente, de manera que los cromóforos se transforman en peróxidos reactivos y radicales libres, debido al proceso oxidativo de la luz. A. Lienardy y P. Van Damme, óp. cit.

[20]

A. Lienardy y P. Van Damme, óp. cit.

[21]

V. Daniels, "The Elimination of Bleaching Agents from Paper", *The Paper Conservator*, 1976, 1, pp. 9-11. También S. Zervos e I. Alexopolou, óp. cit.

[22]

K. Keyes, óp. cit.





**[F. 06]**  
Detalle del documento tras la primera sesión de blanqueo con la plantilla 1.



**[F. 07]**  
Plantilla usada durante el tratamiento para la protección de las tintas.

Blanqueo	Medidas de pH			Medidas del documento	
	Zona de registro	pH A.T.*	pH D.T.*	A.T	D.T.
1ª Sesión	Esquina superior izquierda	6.73	7.40	405x361 mm	407x265 mm
	Esquina inferior izquierda	6.93	6.90		
2ª Sesión	Esquina superior izquierda	6.90	7.41	405x361 mm	407x264 mm
	Esquina inferior izquierda	7.01	7.00		
3ª Sesión	Esquina superior izquierda	6.95	7.21	406x362 mm	407x265 mm
	Esquina inferior izquierda	6.99	7.09		

**[Tabla 1]**  
Registro de medidas de pH de la superficie del documento y el registro de cambios dimensionales del documento durante el tratamiento del blanqueo solar.

**[23]**  
Schaeffer et al., óp. cit. También D. Van der Reyden et al., óp. cit.

El blanqueo solar presenta una serie de ventajas y desventajas respecto a otros procesos de blanqueo<sup>[23]</sup>. Las principales ventajas son: (i) la dificultad de sobreblanquear el documento; (ii) la homogeneidad del blanqueo; (iii) la no adición de químicos al soporte; (iv) la gradualidad de la eliminación de manchas y su control; y (v) su efectividad para una gran variedad de manchas. Sus principales desventajas son, a su vez: (i) que la luz es un potente oxidante y, por lo tanto, decolorante, por lo que hay que tener un especial cuidado con tintas, pigmentos y papeles tintados sensibles a la luz; (ii) que el incremento de la temperatura cataliza los procesos de degradación; y (iii) que hay riesgo de condensación por la parte interior del policarbonato, que puede alterar los resultados estéticos esperados de



[F. 08]



[F. 09]

**[F. 08]**

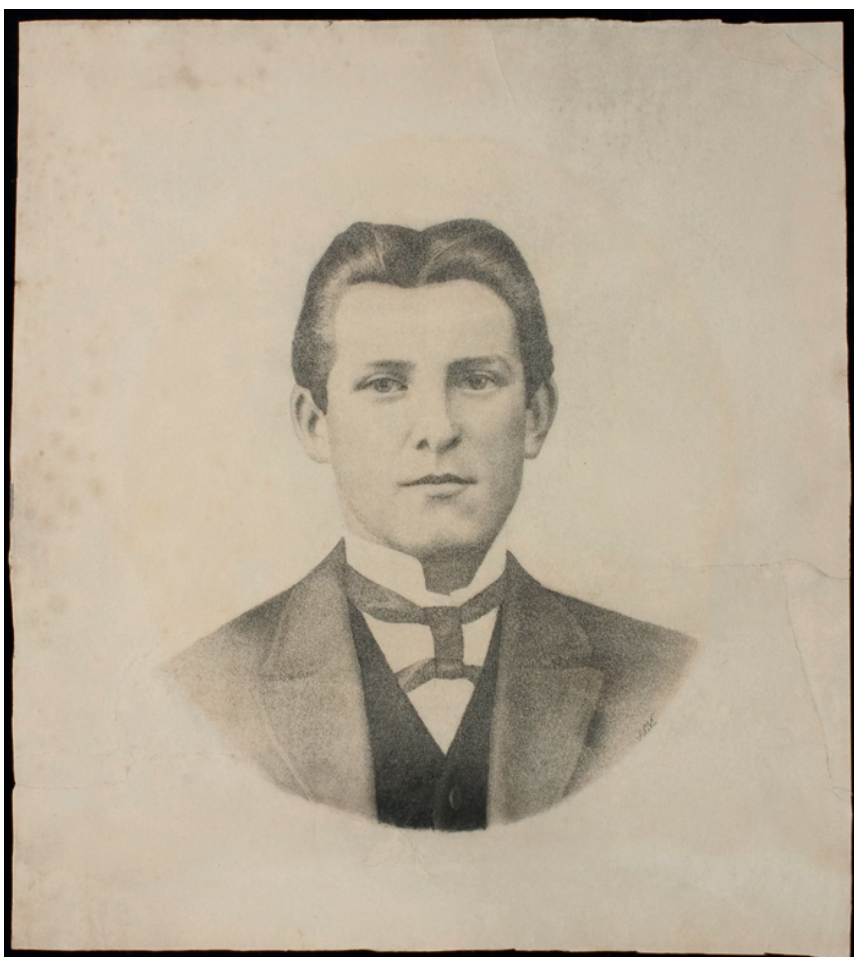
Detalle del documento antes del tratamiento de blanqueo solar.

**[F. 09]**

Detalle del documento después del tratamiento de blanqueo solar.

**[F. 10]**

Retrato de William Henry Eales. Fotografía con luz directa después del tratamiento de restauración.



[F. 10]

De las imágenes que ilustran este artículo:

© Northumbria University, 2016

este tratamiento. Estos riesgos implícitos a la elección de este tratamiento de blanqueo, pueden, sin embargo, minimizarse, como se ha dicho, mediante el control de tales factores de riesgo [F. 08-09].

Una vez finalizada la última sesión de blanqueo y tras la posterior aplicación del baño alcalino, se procedió a retirar la laminación fraccionada provisional para sustituirla por una laminación única realizada con papel Kozo. Después se aplanó el documento por tensión sobre un kari-bari y, una vez seco, se procedió, también sobre el kari-bari, a realizar reintegraciones de soporte y pictóricas, con las cuales quedó finalizada la restauración [F. 10].

## CONCLUSIONES

La aplicación del blanqueo solar a la restauración del documento objeto de estudio fue determinante. El reto que supuso la restauración de una obra en un estado de degradación tan avanzado se resolvió, durante la fase preparatoria, con una estabilización estructural del soporte mediante una laminación fraccionada realizada con papel japonés que permitió la aplicación de tratamientos acuosos sin riesgo de pérdidas del soporte ni de los elementos sustentantes. Asimismo, el posterior tratamiento de blanqueo solar, ya durante la fase ejecutiva, contribuyó a mejorar la estabilización del soporte. En este sentido, el tratamiento de blanqueo solar aplicado a este documento, no contribuyó solamente a retirar las manchas provocadas por diferentes factores de degradación, sino también a la estabilización del soporte. A pesar de estar considerado un tratamiento estético y ser aplicado con este fin, cumplió también, una función estabilizadora.

## BIBLIOGRAFÍA

- BANIK, G. y BRÜCKLE, I. *Paper and Water: A Guide for Conservators*. Londres y Nueva York: Routledge, 2012.
- BOGAARD, J. y WITHMORE, P. M. "Effects of Dilute Calcium Washing Treatments on Paper". *Journal of the American Institute for Conservation*, verano de 2001, vol. 40, n.º 2, pp. 105-123.
- BRÜCKLE, I. "Bleaching Paper in Conservation: Decision-Making Parameters". *Restaurator*, 2009, pp. 321-332.
- BURGESS, H. D. "Practical Considerations for Conservation Bleaching". *Journal of the International Institute for Conservation, Canadian Group (J.IIC-CG)*, 1988, vol. 13, pp. 11-26.
- DANIELS, V. "The Elimination of Bleaching Agents from Paper". *The Paper Conservator*, 1976, n.º 1, pp. 9-11.
- "Alkaline Buffering. Aqueous deacidification of paper. Conservation of Library and Archive Materials and the Graphic Arts". Guy Petherbridge (ed.). *International Conference on the Conservation of Library and Archive Materials and the Graphic Arts, Abstracts & Preprints*. Londres: Society of Archivists and the Institute of Paper Conservation, 1987, pp. 121-5.
- "The effects of water treatments on paper with applied pastel or powder pigment". *The Paper Conservator*, 1998, vol. 22, pp. 29-37.
- DUPONT, A.I. "Degradation of Cellulose at the Wet/Dry Interface. I. The Effect of Some Conservation Treatments on Brown Lines". *Restaurator*, enero de 1996, vol. 19, pp. 1-21.
- DUROVIC, M. y ZELINGER, J. "Chemical Processes in the Bleaching of Paper in Library and Archival Collections". *Restaurator*, enero de 1993, vol. 14, pp. 78-101.
- EUSMAN, E. "Tideline Formation in Paper Objects: Cellulose Degradation at the Wet-Dry Boundary". Guy Petherbridge (ed.). *International Conference on the Conservation of Library and Archive Materials and the Graphic Arts, Abstracts & Preprints*. Londres: Society of Archivists and the Institute of Paper Conservation, 1995, 51, pp. 11-28.

- HENNIGES, U. y POTTHAST, A. “Bleaching Revisited: Impact of Oxidative and Reductive Bleaching Treatments on Cellulose and Paper”. *Restaurator*, 2009, vol. 30, pp. 294-320.
- HEY, M. “Bleaching. Its Simple Chemistry and Working Procedures”. *The Paper Conservator*, enero de 1977, vol. 2, n.º 1, pp. 10-23.
  - “The Washing and Aqueous Deacidification of Paper”. *The Paper Conservator*, 1979, vol. 4, n.º 1, pp. 66-80.
- KELLY, G. B. y FOWLER, S. “Penetration and Placement of Alkaline Compounds in Solution-Deacidified Paper”. *Journal of the American Institute for Conservation (JAIC)*, 1978, vol. 17, n.º 2, pp. 33-43.
- KEYES, K. “Alternatives to Conventional Methods of Reducing Discolouration in Works of Art on Paper”. Guy Peterbridge (ed.). *Conservation of Library and Archive Materials and the Graphic Arts*. Butterworth: Society of Archivists Institute of Paper Conservation, 1980, pp. 166-177.
- KOLAR, J. y NOVAK, G. “Effect of Various Deacidification Solutions on the Stability of Cellulose Pulps”. *Restaurator*, enero de 1996, vol. 17, pp. 25-31.
- LIENARDY, A. y VAN DAMME, P. “Bibliographical survey of the bleaching of paper”. *Restaurator*, 1988, vol. 9, pp. 178-198.
  - “Practical Deacidification”. *Restaurator*, 1990, vol. 11, n.º 1, pp. 1-21.
- SCHAEFFER, T. T. et al. “Effects of Aqueous Light Bleaching on the subsequent Aging of Paper”. *The Journal of the American Institute for Conservation (JAIC)*, 1922, vol. 31, n.º 3, pp. 289-311.
- SCHAEFFER, T. T.; BLYTH-HILL, V. y DRUZI, J. R. “Aqueous light bleaching of paper: comparison of calcium hydroxide and magnesium bicarbonate bathing solutions”. *Journal of the American Institute for Conservation (JAIC)*, 1996, vol. 35, pp. 219-38.
- “Aqueous Light Bleaching of Modern Rag Paper: An Effective Tool for Stain Removal”. *The Paper Conservator*, 1997, vol. 21, n.º 1, pp. 1-14.
- VAN DER REYDEN, D. et al. “Update on Current Research Into Aqueous Light Bleaching at the Conservation Analytical Laboratory”. *AIC Book and Paper Group Annual*, junio de 1988, vol. 8, pp. 76-103.
- VERBORG, M. “Light Bleaching with Metal Halide Lamps: Effects on Naturally Aged Paper”. *Restaurator*, octubre de 2012, vol. 33, pp. 329-355.
- ZERVOS, S. y ALEXOPOLOU, I. “Paper conservation methods: a literature review”. *Cellulose*, 2015, vol. 22, pp. 2859-2897.